

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-211339  
(43)Date of publication of application : 15.08.1997

(51)Int.Cl. G02B 23/00  
G02B 5/28  
G03B 17/48  
H01S 3/10

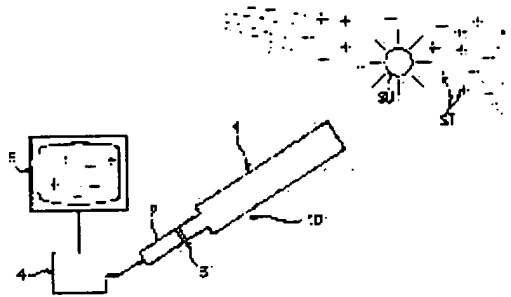
(21)Application number : 08-016868 (71)Applicant : IKETANI MOTOSHI  
(22)Date of filing : 01.02.1996 (72)Inventor : IKETANI MOTOSHI

## (54) OPTICAL OBSERVATION DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To clearly observe feeble stellar light which cannot be observed because it is mixed with background light by arranging a band-pass type optical filter transmitting the observation light of narrow-band wavelength being an object to be observed in front of a digital type camera.

**SOLUTION:** The band-pass type optical filter 3 transmitting observation light of the narrow-band wavelength being the object to be observed is arranged between a telescope 1 and the attached digital type camera 2. Then, solar light being the background light and the scattered light thereof are eliminated or the light quantity thereof is reduced so as to observe the feeble light (it means feeble compared with the background light) which cannot be observed because it is normally mixed with the background light. In such a case, an interference filter consisting of a band-pass type multilayered dielectric thin film through which the light of the wavelength of a dark line called Fraunhofer(HF) line generated by the light absorption of some kind of element existing in solar atmosphere is transmitted is adopted. By selecting the wavelength of the observation light by using the interference filter, only an aimed star can be observed and the super-nova investigation in sky in the daytime is drastically improved.



## LEGAL STATUS

- [Date of request for examination]
- [Date of sending the examiner's decision of rejection]
- [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
- [Date of final disposal for application]
- [Patent number]
- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-211339

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 23/00			G 0 2 B 23/00	
			5/28	
G 0 3 B 17/48			G 0 3 B 17/48	
H 0 1 S 3/10			H 0 1 S 3/10	Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-16868

(22) 出願日 平成8年(1996)2月1日

(71) 出願人 596015055

池谷 元何

大阪府池田市伏尾台2-4-3

(72) 発明者 池谷 元何

大阪府池田市伏尾台2-4-3

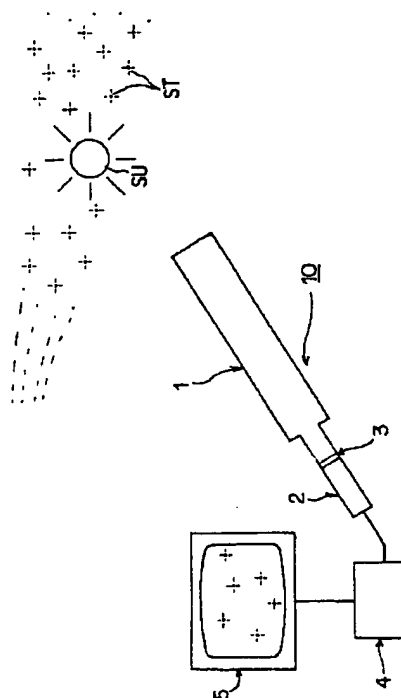
(74) 代理人 弁理士 柳野 隆生

(54) 【発明の名称】 光学観測装置

(57) 【要約】

【課題】 人工光が多い都会での夜間の星空の観測はもとより、昼間の星空の観測においても、通常では背景光に埋もれて観測できない微弱な星の光を鮮明に観測することができる簡易且つ安価な青空天体望遠鏡としての光学観測装置を提供し、併せて雷発光や地震発光を始めとして特殊発光をも観測することができる光学観測装置を提供する。

【解決手段】 望遠鏡1と付設のデジタル式カメラ2の間に、観測対象とする狭帯域波長の観測光を透過するバンドパス型の光学フィルター3を設け、背景光である太陽光とその散乱光を除去し又は光量を減光することにより、昼間に星空を観測したり、特殊な発光を観測する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 望遠鏡と付設のデジタル式カメラの間に、観測対象とする狭帯域波長の観測光を透過するバンドパス型の光学フィルターを設け、背景光である太陽光とその散乱光を除去し又は光量を減光することにより、昼間に星空を観測したり、特殊な発光を観測することを特徴とする光学観測装置。

【請求項2】 前記光学フィルターとして、太陽光に含まれる特定のフラウンホーファー線と呼ばれる暗線波長部分に対応する観測光を透過する多層誘電体薄膜からなる干渉フィルターを利用してなる請求項1記載の光学観測装置。

【請求項3】 前記フラウンホーファー線としてCa II-K (393.3682nm) を利用し、干渉フィルターとして中心波長が393~394nm、半値全幅が2nm以下の透過性能を有するものを用いてなる請求項2記載の光学観測装置。

【請求項4】 前記光学フィルターの後に、前記フラウンホーファー線の発生原因となった原子と同じ原子をレーザ媒質とし且つ同じ遷移をレーザ遷移とする原子レーザ増幅器を設け、光学フィルターを透過した観測光のみを増幅して画像を鮮明にしてなる請求項1又は2又は3記載の光学観測装置。

【請求項5】 星は規則性を持って運行することを考慮した数式処理(アルゴリズム)で星の光のみを選ぶか、デジタル式カメラの画素間の相関や二台目の光学観測装置の画像の各画素間の相関を取ることにより背景光を除去してなる請求項1~4何れかに記載の光学観測装置。

【請求項6】 前記観測光が、雷発光又は活断層による静電気発光に起因する地震発光である請求項1~4何れかに記載の光学観測装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、都市の明かりの下で天文観測を行う望遠鏡を数段階進め、昼間に星を観測する天文望遠鏡として超新星を探查したり、雷や地震に伴う発光を観測して画像化することが可能な光学観測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】画像電子工学の進歩により、CCD(電荷結合素子)を電子の目として用いたビデオカメラが普及し、計算機の進歩と共にCCDによって取り込んだ各画素の画像信号を計算機によって画像処理して、CRT(陰極線管)画面若しくは液晶画面にデジタル画像として表示することが行われている。

【0003】一方、天文分野では、電子冷却(ベルチエ素子)を用いて暗電流を無くした冷却CCDカメラによって、都会でも星空を計算機のCRT画面上に撮像できるように、低価格化と共にアマチュア天文学も大

く変化しようとしている。その原理は、人工散乱光の時間的空間的変動を統計処理し、背景の光をデジタル的に差し引くことによっており、計算機ソフトウェアと一体にしたCCDカメラも市販されている。他方、気象学の分野での雷雲の観測や雷発光には、これまではこの種の技術は用いられておらず、静電気発光に起因する「地震発光」に至っては、その原理がやっと解明された段階である。地震波のP-波を検出して、揺れ災害を起こすS-波の到来までに警報を出す「地震災害早期警報システム」は実用化研究段階であり、地震発光という大気発光現象を利用した災害防止警報システムは研究すらされていない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】昼間の背景光の存在下で微弱な発光体を画像観察するカメラにおいては、通常は発光体の存在は背景光に埋もれて観察されない。デジタル方式のカメラにおいては、画素毎のデータを処理し、背景光を差し引く必要があるが、光の強度を示す数値Nに対して $\pm\sqrt{N}$ の統計誤差が存在し、発光体の絶対強度がこれ以下の場合の観測は不可能である。また、この変動が理論的に予測されるゆらぎの場合は、その効果により誤差を少なくできるが、最終的には量子計数誤差は数学的処理でも除去することができない。このように昼間の微弱光の観測や夜間でも人工光が多い都会での星空の観測では、星光や人工光を大幅に除去しない限り、星の光のような微弱光の画像計測は困難になる。

【0005】そこで、本発明は、人工光が多い都会での夜間の星空の観測はもとより、昼間の星空の観測においても、通常では背景光に埋もれて観測できない微弱な星の光を鮮明に観測することができる簡易且つ安価な青空天体望遠鏡としての光学観測装置を提供し、併せて雷発光や地震発光を始めとして特殊発光をも観測することができる光学観測装置を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の光学観測装置は、CCD等を受光素子として用いたデジタル式カメラの前に、観測対象とする狭帯域波長の観測光を透過するバンドパス型の光学フィルターを置き、星光や人工光蛍光など背景光を極力除去して、通常では背景光に埋もれてしまう特定の波長領域の観測光のみを観測することができるものである。背景光が人工光の場合は、人工光に含まれない波長のみ通過するフィルターを用い、背景光が星光の場合、太陽光線の暗線として知られる特定のフラウンホーファー線に対応する狭帯域波長のみを通過する誘電体多層薄膜からなる干渉フィルターを用い、背景光を大幅に減少する。また、太陽周辺の原子やイオンの光吸収によるフラウンホーファー線を利用する場合は、その特定のフラウンホーファー線の発生原因となった原子のレーザ増幅器により微弱光を増幅する。更に、特殊アルゴリズムによる情報処理や波長を変えた二台の

光学観測装置の画像の各画素間で相関を取ることであり、雑音やゆらぎを除去する。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の光学観測装置は、望遠鏡と付設のデジタル式カメラの間に、観測対象とする狭帯域波長の観測光を透過するバンドパス型の光学フィルターを設け、背景光である太陽光とその散乱光を除去し又は光量を減光し、通常では背景光に埋もれて観測できない微弱光（背景光に対して微弱という意味）を観測することができるものである。

【0008】本発明の光学観測装置では、太陽大気中に存在するある種の元素の光吸収により生じるフラウンホーファー（HF）線と呼ばれる暗線の波長の光が通過するバンドパス型の多層誘電体薄膜からなる干涉フィルターを採用する。特に、太陽周囲のCa II-K線は393.3682nm、その線幅（等価幅）は約2nmと比較的広いものである。このため中心波長が393.4nm、半値全幅（FWHM）2nmの波長範囲の光を透過する干涉フィルターを用いると、太陽光のほとんどはこの干涉フィルターを透過しないが、太陽より高温の星からの光はこの吸収光（Ca II-K線）がないため、300~800nm間の500nmの波長範囲で2nmの範囲分の光、即ち全光量に対して0.4%程度〔 $(2/500) \times 100\%$ 〕の光をCCDカメラによって受光することができる。

【0009】つまり、星の光の絶対強度は夜間でも昼間でも変わらないとすれば、干涉フィルターを用いない通常のCCDカメラからなる望遠鏡で、夜の星空の撮像に0.02秒かかったとしても、同じ性能のCCDカメラを用いた本発明の光学観測装置で昼間の星空を観測する場合、その撮像には5秒程度〔 $(100\%/0.4\%) \times 0.02$ 秒〕の撮像光の蓄積で、夜の観測と同程度の信号レベルでこの星をCRT画面上に表すことが可能である。

【0010】実際には、Ca II-K線のHF線を利用する場合、干涉フィルターの特性として、中心波長が393~394nm、半値全幅が2nm以下の透過性能を有するものを用いれば、Ca II-K線に対応する波長の観測光を背景光と分離して観測することが可能である。

【0011】水素のバルマー系列線（H $\alpha$ -H $\epsilon$ ）は、強いHF線であるが、多くの星も太陽と同様水素の核融合による熱源のため、Hの大気ガスに囲まれており、星からの光もこの波長成分がHに吸収されているので、この線は観測光としては利用できない。また、鉄の吸収線は、太陽より低い表面温度の星にも見られるので、Ca II-K線と同様にこの暗線を利用して表面温度の低い星を観察することはできない。

【0012】このように干涉フィルターによって観測光の波長を選ぶことにより目的とする星のみを観測でき、昼間の空の超新星探査に威力を発揮する。また二波長を

同時刻に独立に得た画像から、コンピュータによる各画素間の相関処理を得て背景光を除去することも可能である。

【0013】更に、特定のHF線の原因となる原子と同じ原子をレーザ媒体とし且つ同じ遷移をレーザ遷移とした原子レーザ増幅器によって、望遠鏡で集光した特定のHF線と同一波長領域の微弱光を増幅して、画像を鮮明にすることも有利である。

【0014】

10 【実施例】次に、図示した実施例に基づき本発明を更に詳しく説明する。図1は、本発明の光学観測装置10の基本構成を示し、図中1は望遠鏡、2はCCDカメラ、3は干涉フィルター、4はコンピュータ、5はCRT等の表示手段をそれぞれ示している。また、図中SUは太陽を示し、STは星を示している。

【0015】前記望遠鏡1は、通常天体望遠鏡であり、CCDカメラ2は、通常の市販のもので、高感度ハイダイナミックレンジ冷却CCDカメラであり、例えばスペクトラソース社（米国）製のMCD1000S又は

20 アキシオム社（米国）製のAXシリーズ等を用いる。

【0016】前記干涉フィルター3は、基板にコーティングプロセスによって積層した誘電体多層膜バンドパス層と、他の基板にコーティングプロセスによって積層した金属-誘電体多層膜ブロッキング層とを、互いに対向させて保護リング中にエポキシ樹脂で固定したものである。前記誘電体多層膜バンドパス層は、基板に高屈折率材料（通常ZnS）と低屈折率材料（通常Na<sub>2</sub>AlF<sub>6</sub>）を正確に1/4波長（ピーク透過率の波長）の光学厚さで交互に積層してスタック層を形成し、このスタック層にベアサー層を介在させて同一の新たなスタック層を積層して全誘電体キャビティ層を構成し、この全誘電体キャビティ層を1/2波長の光学厚さのアブセンティ層を介在させて複数積層したものである。尚、前記干涉フィルター3は、ローパスフィルターとハイパスフィルターを組合せ、対象とする狭帯域波長の観測光のみを透過するようにしても良い。

30 【0017】図2に、393.4nm付近の太陽光スペクトルと、前記干涉フィルター3の透過率との関係を示している。図示した太陽光スペクトルは、Ca II-K線を中心波長393.3682nm、半値全幅2nmの三角形形状の形に近似し、それ以外の波長域のスペクトル強度を1として第一近似的に表したものである。また、干涉フィルター3は、中心波長393.4nmのピーク透過率が約40%、半値全幅が約2nmの透過性能を有するものである。尚、干涉フィルター3の透過率は、中心波長393.4nmから離れるに従って急激に減少するので、前記太陽光スペクトルをCa II-K線以外の波長域をそのように近似しても大きな誤差はないと推測できる。

50 【0018】更に、図2には、干涉フィルター3を通し

て見た太陽光スペクトル（以下「基準スペクトル」という）を併せて示してある。この基準スペクトルをCCDカメラ2で受光して各画素に電荷として蓄積し、その電荷量（電流量）の基準データは、前記コンピュータ4のメモリーに記憶されている。この状態で昼間に星空を観測すると、太陽よりも高温の星の光（波長393.4nm付近の連続スペクトル）は、前記干渉フィルター3の透過率に従って減光し、前記基準スペクトルに重畳されて前記CCDカメラ2に受光し、その重畳スペクトルのデータは、前記同様にコンピュータ4のメモリーに電荷量（電流量）として記憶され、このデータから前述の基準データを引いて、即ち太陽光やその散乱光からなる背景光を除いて得られた画像信号を表示手段5に送って、正味の星の光の観測画像として表すのである。本発明の光学観測装置10は、昼間に星空を観測できるという意味では、正に青空天体望遠鏡としての威力を発揮するのである。

【0019】ここで、前述の画像信号は、干渉フィルター3の透過率のプロファイルによって歪められ星本来のスペクトルを再現するものではないので、星のスペクトルに基づくように画像信号を補正することも有効である。また、注目すべきは、星の光が基準スペクトルに重畳した重畳スペクトルによるデータから、基準スペクトルによるデータの差を取ることから、太陽光スペクトルが影響を与える基準スペクトルは相殺されるので、正確な太陽光スペクトルのプロファイルを必ずしも知る必要はないことである。

【0020】また、観測光として、波長393.4nm付近の星の光の絶対強度が低く、CCDカメラ2の感度の関係で露光時間が長くなる場合には、図3に示すように、前記干渉フィルター3の後に、特定のHF線（CaII-K線）の発生原因となった原子（Ca）と同じ原子をレーザ媒質とし且つ同じ遷移をレーザ遷移とする原子レーザ増幅器6を設け、干渉フィルター3を透過した観測光のみを増幅して画像を鮮明にすることが好ましい。

【0021】また、星の規則的運行を考慮した数式処理（アルゴリズム）や画素間の相関や図4に示すように2台目の光学観測装置の画像の各画素間の相関を取り、計算機アルゴリズムによって背景光を除去することも有効である。

【0022】一般的に天文学の分野では、星はその表面温度が高い順にO型（5万°K～3万°K）、B型（3万°K～1万°K）、A型（1万°K～8000°K）、F型（8000°K～6000°K）、G型（6000°K～4500°K）、K型（4500°K～3500°K）、M型（3500°K～2000°K）のグループに分類されている。また、2000°Kよりも低い温度の低温度星も存在する。

【0023】星は、その内部で発生している水素やヘリウムの核融合を熱源として表面の温度は数万度にまで達

する。星の内部では激しい衝突がたえず起こって、多くの原子を励起状態に上げ、多数のスペクトル線をもった発光スペクトルを生じている。このスペクトル線は非常に多いので、ほぼ全領域にわたる色のスペクトルを満たしている。その上、星の気体の密度が高密なため、衝突は非常にさかんで、励起状態にある電子が基底状態に落ちるまでにしばしばもう一度衝突によって揺らぎ、この揺らぎによって基底状態への遷移は鮮明でなくなり、スペクトルの線の幅が広がって隣りあう線が互いに重なり合っている。そのため、光が星の表面から飛び出すまでに、分離していたスペクトル線はぼけてしまつて、連続スペクトルになる。

【0024】そして、星から放射された連続スペクトルの光は、星の大気を構成している多種の原子の多様なエネルギー状態から励起状態へ上がる際に、特定の波長が吸収される結果、地球に到達する星のスペクトルには、多数の暗線を有する。

【0025】O型星のスペクトルは、励起エネルギーが大きいので1価に電離したヘリウム原子による吸収線を有することが特徴であり、その他に中性ヘリウム、水素とその他わずかの吸収線を有する。また、他の鉄等のあらゆる種類の原子は幾価にも電離していて、それを励起するには非常に大きなエネルギーを要するので、電子が励起状態から基底状態に戻るときに放射する光子も高エネルギーであり、そのスペクトルは紫外線領域に広がった短波長を有する。しかし、この紫外線は地球大気に吸収されて地上には到達しない。

【0026】B型星のスペクトルは、電離ヘリウム線は含まないが、中性ヘリウム線を含んでいる。O型星と同様に紫外線領域にもスペクトルが広がっている。

【0027】A型星のスペクトルは、中性ヘリウム線が殆どなくなり、その代わりバルマー系列の水素線が非常に強く現れることが特徴である。また、地球の大気に吸収されるが、紫外線のライマン線も含まれている。例えば、ヴェガのスペクトルがこの特徴を有する。

【0028】F型星のスペクトルは、紫色の端に鉄やチタンのような金属の多数の線を有すると同時に、非常に強い電離カルシウム線を有することが特徴である。このスペクトルには、F型星よりも高温の星では見られなかった中性の金属原子の線が初めてはっきりと現れる。

【0029】G型星のスペクトルは、数千本の密に並んだ線を含み、代表的には太陽型スペクトルである。

【0030】K型星のスペクトルは、金属やその他の元素の吸収線が非常に密集して現れることが特徴である。

【0031】M型星のスペクトルは、分子の振動や回転に起因して、狭い波長域の帯の中に細かく分かれた多数の線が存在する帯スペクトルの特徴を備え、代表的には酸化チタン（TiO）の帯スペクトルを有する。例えば、バーナード星がこの特徴を有する。

【0032】低温度星のスペクトルは、可視領域を含ま

ず、ほとんどが赤外領域である。

【0033】太陽と同程度又はそれよりも表面温度が低い星の発光スペクトルにも、Ca II-Kの吸収線が存在するものがあり、残念ながらそのような太陽型(G型)の星は測定の対象とならないが、O型、B型及びA型の一部の星には、高温のためCa原子はイオン化されており、この吸収線はない。Ca原子には、この他に吸収線が854.2144nmにもあるが、そのHF線の半値幅(等価幅)が0.37nmと狭く、現在は誘電体多層薄膜干渉フィルターの製作技術やCCDカメラの感度の限界によって観測できないが、それらの進歩とともに利用できる。

【0034】本装置では、このため、リゲル、ヴェガ、シリウスが観測可能であり、また超新星にもこのスペクトルに暗線はないので、このような望遠鏡はアマチュアによる昼間の超新星探査に道を開くのである。

【0035】また、図5は、落雷計測のための雷発光を観測する様子を示し、図中7は雷雲、8は雷発光を示している。また、図6は、活断層による地震発光9を観測し、地震の直前に警報を発する防災装置を構成する例を示している。

【0036】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の光学観測装置によれば、以下の効果を奏するのである。

(1) 太陽光の特定のフラウンホーファー暗線部に対応する波長のみを通過する光学フィルターを用いることにより、強い背景光の中で通常はそれに埋もれてしまう微弱光を観測することができるので、青空での星空、特に太陽よりも表面温度が高い星を観測したり、昼間に超新星を発見することが可能であり、安価な青空天体望遠鏡として利用できる。

\*

\* (2) 雷雲周辺での局所的な発光現象を観測して落雷など気象観測に役立てることが可能となる。

(3) 活断層周辺の昼夜の地震発光を観察し、早期警報システムに利用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光学観測装置の概念図である。

【図2】特定のフラウンホーファー暗線と、干渉フィルターの透過率との関係を示すグラフである。

【図3】フラウンホーファー暗線の発生原因である原子と同じ原子をレーザ媒質とし且つ同じ遷移をレーザ遷移とした原子レーザ増幅器を利用した例を示す光学観測装置の概念図である。

【図4】2台目の光学観測装置のCCDカメラの各画素間の相関を取ることで雑音や背景光を除去するシステムの概念図である。

【図5】雷発光を観測するシステムの概念図である。

【図6】活断層による地震発光を観測するシステムの概念図である。

【符号の説明】

10 光学観測装置

SU 太陽

ST 星

1 望遠鏡

2 CCDカメラ

3 干渉フィルター

4 コンピュータ

5 表示手段

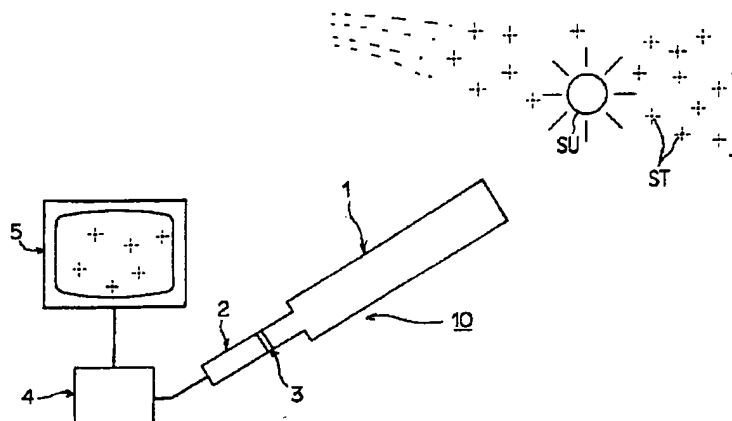
6 原子レーザ増幅器

7 雷雲

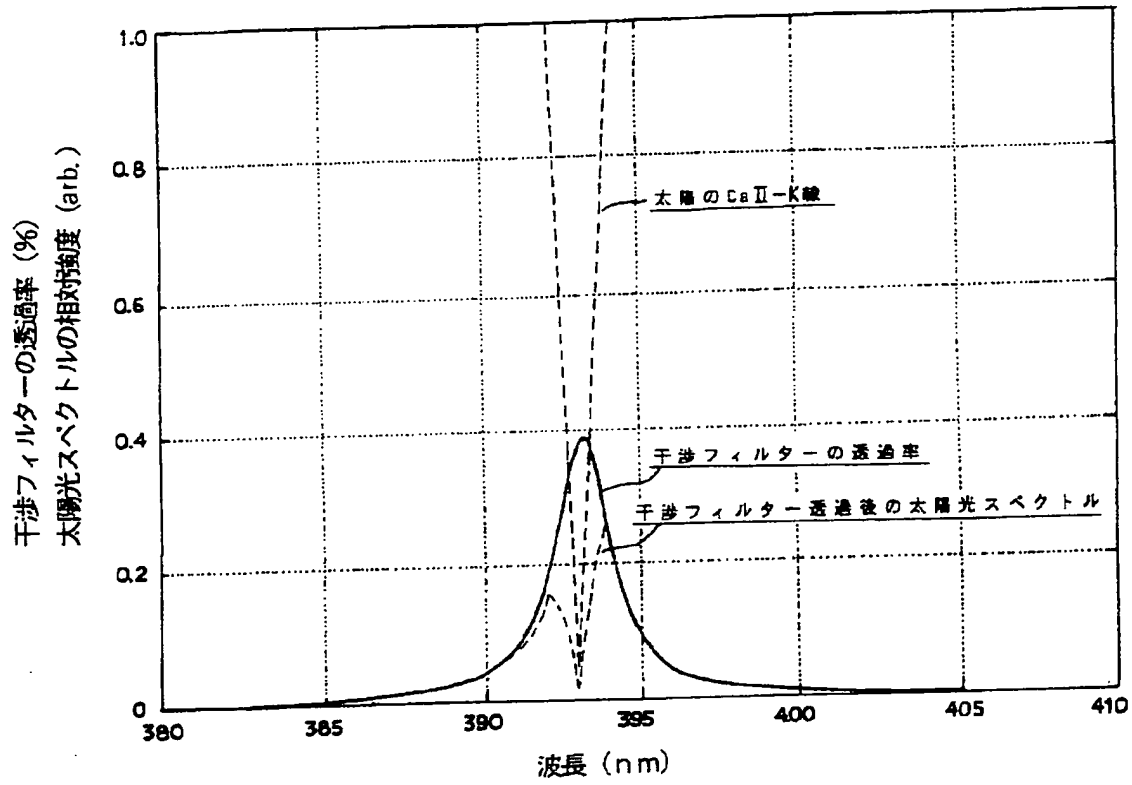
8 雷発光

9 地震発光

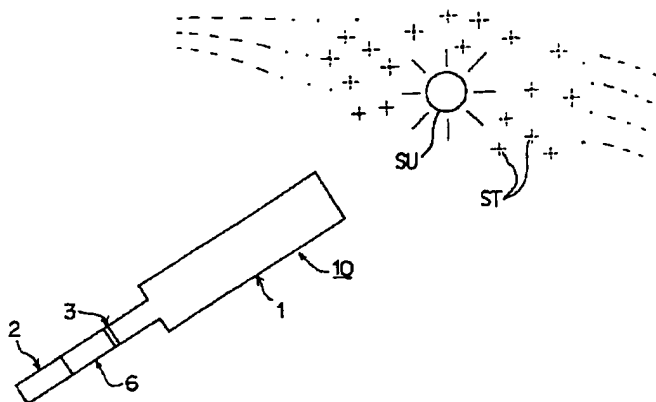
【図1】



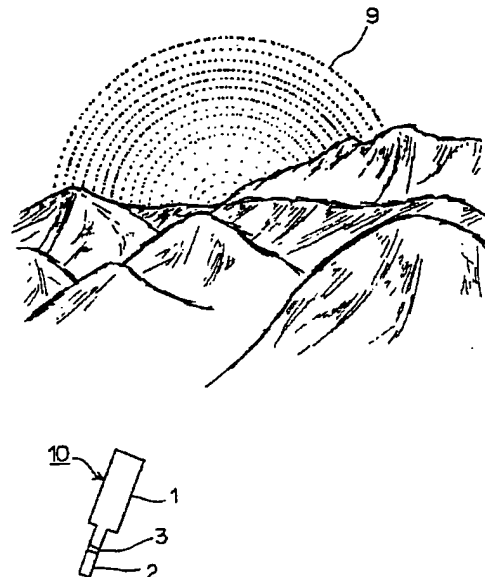
【図2】



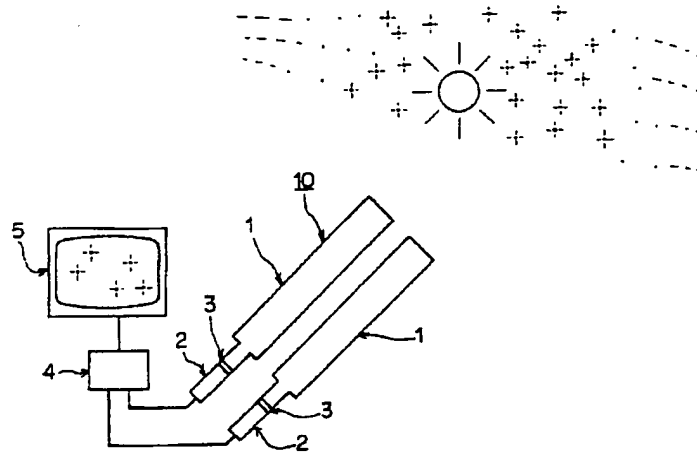
【図3】



【図6】



【図4】



【図5】

